



1FW

PTO/SB/21 (04-04)

TRANSMITTAL FORM

(to be used for all correspondence after initial filing)

Application Number	10/773,517
Filing Date	February 6, 2004
First Named Inventor	Kuo, Chia-Chu
Art Unit	2812
Examiner Name	Not Yet Assigned
Attorney Docket Number	021653-002700US

Total Number of Pages in This Submission 13

ENCLOSURES (Check all that apply)

- | | | |
|--|--|--|
| <input type="checkbox"/> Fee Transmittal Form
<input type="checkbox"/> Fee Attached
<input type="checkbox"/> Amendment/Reply
<input type="checkbox"/> After Final
<input type="checkbox"/> Affidavits/declaration(s)
<input type="checkbox"/> Extension of Time Request
<input type="checkbox"/> Express Abandonment Request
<input type="checkbox"/> Information Disclosure Statement
<input checked="" type="checkbox"/> Certified Copy of Priority Document(s) 11 pages
<input type="checkbox"/> Response to Missing Parts/ Incomplete Application
<input type="checkbox"/> Response to Missing Parts under 37 CFR 1.52 or 1.53 | <input type="checkbox"/> Drawing(s)
<input type="checkbox"/> Licensing-related Papers
<input type="checkbox"/> Petition
<input type="checkbox"/> Petition to Convert to a Provisional Application
<input type="checkbox"/> Power of Attorney, Revocation Change of Correspondence Address
<input type="checkbox"/> Terminal Disclaimer
<input type="checkbox"/> Request for Refund
<input type="checkbox"/> CD, Number of CD(s) _____ | <input type="checkbox"/> After Allowance Communication to Technology Center (TC)
<input type="checkbox"/> Appeal Communication to Board of Appeals and Interferences
<input type="checkbox"/> Appeal Communication to TC (Appeal Notice, Brief, Reply Brief)
<input type="checkbox"/> Proprietary Information
<input type="checkbox"/> Status Letter
<input checked="" type="checkbox"/> Other Enclosure(s) (please identify below):
Return Postcard |
|--|--|--|

Remarks The Commissioner is authorized to charge any additional fees to Deposit Account 20-1430.

SIGNATURE OF APPLICANT, ATTORNEY, OR AGENT

Firm or Individual name	Townsend and Townsend and Crew LLP Richard T. Ogawa	Reg. No. 37,692
Signature		
Date	8/2/04	

CERTIFICATE OF TRANSMISSION/MAILING

I hereby certify that this correspondence is being deposited with the United States Postal Service with sufficient postage as first class mail in an envelope addressed to: Commissioner for Patents, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450 on the date shown below.

Typed or printed name TIFFANY WU

Signature

Date

8.2.04

BEST AVAILABLE COPY

证 明

10,773,517

本证明之附件是向本局提交的下列专利申请副本

申 请 日 期: 2003. 12. 30

申 请 号 码: 200310122958X

申 请 类 别: 发明

发 明 名 称: 晶圆快速冷却退火的方法和装置

申 请 人: 中芯国际集成电路制造(上海)有限公司

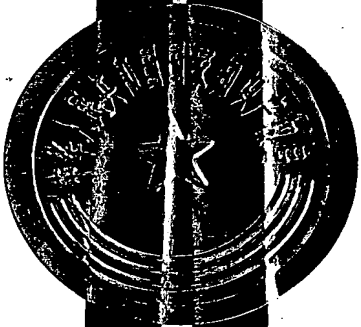
发 明 人: 郭佳衢

CERTIFIED COPY OF
PRIORITY DOCUMENT

中华人民共和国
国家知识产权局局长

王 景 川

2004 年 6 月 25 日



1. 一种半导体衬底的退火方法，所述方法包括：
打开至少一个热源；
5 在加热室中加热半导体衬底；
关闭所述至少一个热源；
在所述加热室中冷却所述半导体衬底；
其中
所述加热半导体衬底包括将所述半导体衬底的温度从第一温度值
10 提升到第二温度值；
所述冷却所述半导体衬底包括将所述半导体衬底的温度从所述第二温度值降低到第三温度值；
所述加热半导体衬底包括由所述半导体衬底从所述至少一个热源吸收能量；
15 所述冷却所述半导体衬底包括在所述加热室的至少一个壁附近流动第一气体，在所述至少一个热源附近流动第二气体，以及在所述半导体衬底附近流动第三气体；
所述第一气体的第一温度低于所述第二温度值；
所述第二气体的第二温度低于所述第二温度值；
20 所述第三气体的第三温度低于所述第二温度值。
2. 如权利要求 1 所述的方法，其中所述第一温度、所述第二温度和所述第三温度每一个都低于所述第三温度值。
3. 如权利要求 2 所述的方法，其中所述第一温度、所述第二温度和所述第三温度每一个都等于-10℃。
25 4. 如权利要求 1 所述的方法，其中所述第一气体、所述第二气体和所述第三气体每一个都包括选自由氮气和氦气构成的组中的至少一种气体。
5. 如权利要求 1 所述的方法，所述方法还包括维持所述半导体衬底的温度在所述第二温度值处。
6. 如权利要求 1 所述的方法，其中所述半导体衬底包括源区和漏区，

所述源区包括源 LDD 区，所述漏区包括漏 LDD 区。

7. 一种半导体衬底的退火方法，所述方法包括：

在加热室中加热半导体衬底；

在所述加热室中冷却所述半导体衬底；

5 其中

所述加热半导体衬底包括将所述半导体衬底的温度从第一温度值提升到第二温度值；

所述冷却所述半导体衬底包括将所述半导体衬底的温度从所述第二温度值降低到第三温度值；

10 所述加热半导体衬底包括由所述半导体衬底从至少一个热源吸收能量；

所述冷却所述半导体衬底包括在所述加热室的至少一个壁附近流动第一气体，在所述至少一个热源附近流动第二气体，以及在所述半导体衬底附近流动第三气体；

15 所述第一气体的第一温度低于所述第三温度值；

所述第二气体的第二温度低于所述第三温度值；

所述第三气体的第三温度低于所述第三温度值。

8. 如权利要求 7 所述的方法，其中所述第一温度、所述第二温度和所述第三温度每一个都等于 -10°C 。

20 9. 如权利要求 7 所述的方法，其中所述第一气体、所述第二气体和所述第三气体每一个都包括选自由氮气和氦气构成的组中的至少一种气体。

10. 如权利要求 7 所述的方法，所述方法还包括维持所述半导体衬底的温度在所述第二温度值处。

25 11. 如权利要求 7 所述的方法，其中所述半导体衬底包括源区和漏区，所述源区包括源 LDD 区，所述漏区包括漏 LDD 区。

12. 一种半导体衬底的退火方法，所述方法包括：

在加热室中加热半导体衬底；

在所述加热室中冷却所述半导体衬底；

其中

所述加热半导体衬底包括将所述半导体衬底的温度从第一温度值提升到第二温度值；

所述冷却所述半导体衬底包括将所述半导体衬底的温度从所述第二温度值降低到第三温度值；

5 所述加热半导体衬底包括由所述半导体衬底从至少一个加热灯吸收能量；

所述冷却所述半导体衬底包括在所述至少一个加热灯附近流动第一气体，以及在所述半导体衬底附近流动第二气体；

所述第一气体的第一温度低于所述第三温度值；

10 所述第二气体的第二温度低于所述第三温度值。

13. 如权利要求 12 所述的方法，其中所述第一温度和所述第二温度每一个都等于 -10°C 。

14. 如权利要求 12 所述的方法，其中所述第一气体、所述第二气体和所述第三气体每一个都包括选自由氮气和氦气构成的组中的至少一种气体。

15. 一种半导体衬底的退火方法，所述方法包括：

打开至少一个热源；

在加热室中加热半导体衬底，所述半导体衬底包括源区和漏区，所述源区包括源 LDD 区，所述漏区包括漏 LDD 区；

20 关闭所述至少一个热源；

在所述加热室中冷却所述半导体衬底；

其中

所述加热半导体衬底包括将所述半导体衬底的温度从第一温度值提升到第二温度值；

25 所述冷却所述半导体衬底包括将所述半导体衬底的温度从所述第二温度值降低到第三温度值；

所述加热半导体衬底包括由所述半导体衬底从所述至少一个热源吸收能量；

所述冷却所述半导体衬底包括在所述加热室的至少一个壁附近流

动第一气体，在所述至少一个热源附近流动第二气体，以及在所述半导体衬底附近流动第三气体；

所述第一气体的第一温度低于所述第二温度值；

所述第二气体的第二温度低于所述第二温度值；

5 所述第三气体的第三温度低于所述第二温度值。

16. 如权利要求 15 所述的方法，其中所述第一温度、所述第二温度和所述第三温度每一个都低于所述第三温度值。

17. 如权利要求 16 所述的方法，其中所述第一温度、所述第二温度和所述第三温度每一个都等于-10℃。

10 18. 如权利要求 15 所述的方法，其中所述第一气体、所述第二气体和所述第三气体每一个都包括选自由氮气和氦气构成的组中的至少一种气体。

19. 如权利要求 15 所述的方法，所述方法还包括维持所述半导体衬底的温度在所述第二温度值处。

15 20. 如权利要求 15 所述的方法，其中所述第一温度值等于所述第三温度值。

晶圆快速冷却退火的方法和装置

5 技术领域

本发明一般地涉及半导体衬底的退火方法和装置。更具体地说，本发明涉及晶圆快速冷却退火的方法和装置。

背景技术

10 本发明涉及集成电路和用于制造半导体器件的相关处理。更具体地说，本发明提供了一种方法和装置，用于在集成电路的制造过程中快速冷却退火晶圆。这里仅仅通过示例，在集成电路的制造过程中将本发明应用于脉冲退火（spike anneal）以激活源区和漏区的掺杂粒子（dopant）。但是应当认识到，本发明具有更大的适用范围。

15 集成电路或“IC”已经从在单个硅晶圆上制备的少数互连的器件发展成为数以百万计的器件。当今的 IC 提供的性能和复杂度远胜于最初预想的那样。为了在复杂度和电路密度（即，在给定的芯片面积上能够封装的器件数目）方面获得进步，最小器件的线宽（feature）尺寸（又被称为器件“几何图形”）伴随每一代 IC 而变得更小。现在制造的半导体器件具有小于 1/4 微米的线宽。

20 逐渐提高的电路密度不仅改进了 IC 的复杂度和性能，并且为消费者提供了较低成本的零部件。IC 制造设备可以花费几亿甚至几十亿美元。每个制造设备将有一定的晶圆生产量，而在每个晶圆上将有一定数量的 IC。因此，通过使 IC 的个体器件变得更小，可以在每个晶圆上制备更多的器件，从而提高制造设备的产量。将器件做的更小非常具有挑战性，因为在
25 IC 制造过程中使用的每道工艺都有一个限度。也就是说，一个给定的工艺通常只能作到某一线宽尺寸，之后要么需要改变工艺，要么需要改变器件布局。这样的限度的一个示例是在制造集成电路过程中使用的退火晶圆的冷却速率。

在过去的几年里，已经发展出利用芯片代工服务来制备定制集成电路。无生产线芯片设计公司通常设计定制集成电路。这些定制集成电路需要制造一套定制掩模（通常叫做“光罩”）。例如上海中芯国际（SMIC）就是一家提供代工服务的芯片公司。尽管没有生产设备的芯片公司与代工服务在这几年间迅速增加，但是仍然存在许多限制。例如，受限制的退火晶圆冷却速率通常不能有效地控制退火的热预算（thermal budget）。在下面，本说明书详细描述了这些和其它限制。

图 1 是在加热炉退火或快速热退火期间晶圆温度的简化示意图。在晶圆退火期间，晶圆温度随时间变化。在时间段 110 期间，晶圆温度保持在退火前温度。在时间段 120 期间，晶圆温度从退火前温度增高到退火温度。在时间段 130 期间，晶圆温度在退火温度处保持稳定。在时间段 140 期间，晶圆温度从退火温度降低到退火后温度。退火后温度通常与退火前温度相等。在时间段 150 期间，晶圆温度保持在退火后温度。对于 $0.35\mu\text{m}$ 的线宽尺寸，时间段 130 通常是一分钟或几分钟，并且这一退火制程通常在加热炉内进行。对于大致在 $0.15\mu\text{m}$ 和 $0.25\mu\text{m}$ 之间的线宽尺寸，时间段 130 通常约在 5 秒到 30 秒的范围内。这一退火制程通常在单个加热炉内进行，并且被称为快速热退火（rapid thermal anneal）。如图 1 所示，退火对由面积 160 量化表示的热预算有贡献。面积 160 至少部分地由退火温度、时间段 130 的长度、时间段 120 期间的斜坡上升速率和时间段 140 期间的斜坡下降速率来确定。为了降低线宽尺寸，通常应当减小热预算。

从上面可以看出，需要一种改进的技术，用于处理半导体器件。

发明内容

本发明涉及半导体器件生产中的集成电路及其制程。更具体地说，本发明提供了一种方法和装置，用于在集成电路的制造过程中快速冷却退火晶圆。这里仅仅通过示例，在集成电路的制造过程中将本发明应用于脉冲退火，以激活源区和漏区的掺杂粒子。但是应当认识到，本发明具有更大的适用范围。

在具体的实施例中，本发明提供了一种半导体衬底的退火方法。该方

法包括打开至少一个热源，在加热室中加热半导体衬底，关闭所述至少一个热源，并且在加热室中冷却该半导体衬底。上述加热半导体衬底包括将半导体衬底的温度从第一温度值提升到第二温度值。冷却该半导体衬底包括将半导体衬底的温度从第二温度值降低到第三温度值。此外，加热该半导体衬底包括由该半导体衬底从所述至少一个热源吸收能量。而且，冷却该半导体衬底包括在加热室的至少一个壁附近流动第一气体，在所述至少一个热源附近流动第二气体，以及在所述半导体衬底附近流动第三气体。第一气体的第一温度低于第二温度值，第二气体的第二温度低于第二温度值，并且第三气体的第三温度低于第二温度值。

10 根据另一个实施例，一种半导体衬底的退火方法包括，在加热室中加热半导体衬底，并且在加热室中冷却半导体衬底。加热半导体衬底包括将半导体衬底的温度从第一温度值提升到第二温度值。冷却该半导体衬底包括将半导体衬底的温度从第二温度值降低到第三温度值。此外，加热该半导体衬底包括由该半导体衬底从所述至少一个热源吸收能量。冷却该半导体衬底包括在加热室的至少一个壁附近流动第一气体，在所述至少一个热源附近流动第二气体，以及在所述半导体衬底附近流动第三气体。第一气体的第一温度低于第三温度值，第二气体的第二温度低于第三温度值，并且第三气体的第三温度低于第三温度值。

20 根据另一个实施例，一种半导体衬底的退火方法包括，在加热室中加热半导体衬底，并且在加热室中冷却半导体衬底。加热半导体衬底包括将半导体衬底的温度从第一温度值提升到第二温度值。冷却该半导体衬底包括将半导体衬底的温度从第二温度值降低到第三温度值。此外，加热该半导体衬底包括由该半导体衬底从所述至少一个加热灯吸收能量。冷却该半导体衬底包括在所述至少一个加热灯附近流动第一气体，以及在所述半导体衬底附近流动第二气体。第一气体的第一温度低于第三温度值，并且第二气体的第二温度低于第三温度值。

25 根据另一个实施例，一种半导体衬底的退火方法包括打开至少一个热源，并且在加热室中加热半导体衬底。该半导体衬底包括源区和漏区。源区包括源 LDD (Lightly Doped Drain, 轻掺杂漏极技术) 区，并且漏区包

括漏 LDD 区。此外，本方法包括关闭所述至少一个热源，并且在加热炉中冷却半导体衬底。加热半导体衬底包括将半导体衬底的温度从第一温度值提升到第二温度值。冷却该半导体衬底包括将半导体衬底的温度从第二温度值降低到第三温度值。此外，加热该半导体衬底包括由该半导体衬底从所述至少一个热源吸收能量。冷却该半导体衬底包括在加热室的至少一个壁附近流动第一气体，在所述至少一个热源附近流动第二气体，以及在所述半导体衬底附近流动第三气体。第一气体的第一温度低于第二温度值，第二气体的第二温度低于第二温度值，并且第三气体的第三温度低于第二温度值。

10 通过本发明可获得许多优于现有技术的优点。例如，本技术简化了基于传统技术的工艺。在一些实施例中，本方法提供了对退火晶圆的快速冷却。此外，本方法提供了与传统工艺相兼容的工艺，而基本不用对现有的设备或工艺进行改动。根据本实施例，可以获得一个或多个这些优点。在本说明书的下文中，将详细描述这些以及其它的优点。

15 参考下面的详细描述和附图，可以充分理解本发明的各种附加的目标、特征和优点。

附图说明

- 图 1 是在加热炉退火或快速热退火期间晶圆温度的简化示意图；
- 20 图 2 是在制备期间使用脉冲退火的半导体器件的简化示意图；
- 图 3 是在脉冲退火期间器件晶圆温度的简化示意图；
- 图 4 是能够执行脉冲退火的处理装置的简化示意图；
- 图 5 是在脉冲退火期间晶圆温度作为时间的函数所测量的特性曲线图；
- 25 图 6 是根据本发明一个实施例的用于快速冷却退火晶圆的简化装置；
- 图 7 是根据本发明另一个实施例的用于快速冷却退火晶圆的简化装置；
- 图 8 是根据本发明一个实施例的用于快速冷却退火晶圆的简化方法；

具体实施方式

本发明涉及半导体器件生产中的集成电路及其制程。具体地说，本发明提供了一种方法和装置，用于在集成电路的制造过程中快速冷却退火晶圆。这里仅仅通过示例，在集成电路的制造过程中将本发明应用于脉冲退火以激活源区和漏区的掺杂粒子。但是应当认识到，本发明具有更大的适用范围。

图 2 是在制备期间使用脉冲退火的半导体器件的简化示意图。该示意图仅仅是一个示例，在这里不应当作为对所要求保护的范围的限制。器件 200 包括栅极 210、绝缘层 220、隔离物 230 与 232、漏区 240 和源区 250。漏区 240 包括漏 LDD 区 242，并且源区 250 包括源 LDD 区 252。在制备器件 200 期间，为了激活在漏区 240 和源区 250 内部的掺杂粒子，通常对这两个区进行退火。为了激活掺杂粒子，通常在高退火温度下对漏区 240 和源区 250 进行退火。如果退火温度不是足够高，则通常不能有效地激活掺杂粒子。

退火工艺的另一个要求是限制掺杂粒子的扩散，以控制漏区 240 和源区 250 的厚度，特别是控制 LDD 漏区 242 和 LDD 源区 252 的厚度。该扩散通常随着退火温度和退火时间增加呈指数增长。为了控制扩散，通常限制退火温度和退火时间。但是退火温度又需要足够高以有效地激活掺杂粒子，这样就需要缩短退火时间。通过使用脉冲退火，可以实现退火时间的缩减。如上所述并且这里进一步作强调，图 2 中的器件 200 只是一个示例。本领域的普通技术人员可以看出许多变化、变更和修改。

图 3 是在脉冲退火期间晶圆温度的简化示意图。该特性曲线图只是一个示例，在这里不应当作为对所要求保护的范围的限制。在晶圆退火期间，晶圆温度随时间而变化。在时间段 310 期间，晶圆温度保持在退火前温度。在时间段 320 期间，晶圆温度从退火前温度升高到退火温度。在时间 t_0 处，晶圆温度达到退火温度。在时间段 330 期间，晶圆温度从退火温度降低到退火后温度。在时间段 340 期间，晶圆温度保持在退火后温度。退火后温度可以与退火前温度相同，也可以与之不同。例如，对于等于或小于 $0.1\mu\text{m}$ 的线宽尺寸，可以使用脉冲退火。如图 3 所示，脉冲退火对由

面积 350 量化表示的热预算有贡献。面积 350 至少部分地由退火温度、时间段 320 期间的斜坡上升速率和时间段 330 期间的斜坡下降速率来确定。为了减小面积 350，通常应当增加上述的斜坡上升速率和斜坡下降速率。

图 4 是能够执行脉冲退火的处理装置的简化示意图。该示意图仅仅是一个示例，在这里不应当作为对所要求保护的范围的限制。装置 400 包括至少一个加热灯 410、石英加热室 420、晶圆支架 430 和晶圆温度传感器 440。在脉冲退火期间，晶圆 450 被放置于晶圆支架 430 上。在时间段 320 中，加热灯 410 通常处于打开状态以加热晶圆 450。在时间段 330 中，加热灯 410 通常处于关闭状态以使晶圆 450 冷却下来。此外，气体 460 流过晶圆 450 的周围以提高前面提到的斜坡下降速率。气体 460 通常处于室温，并且由氮、氩或其它气体组成。

图 5 是在脉冲退火期间晶圆温度作为时间的函数所测量的特性曲线图。该特征曲线图仅仅是一个示例，在这里不应当作为对所要求保护的范围的限制。本领域的普通技术人员可以看出许多变化、变更和修改。如图 5 所示，特性曲线图 500 包括垂直温度轴和水平时间轴。曲线 510 表示目标晶圆温度作为时间的函数。曲线 520 表示所测量的晶圆温度作为时间的函数。通过位于晶圆 450 各部位的温度传感器测得曲线 520。如图 5 所示，曲线 520 中的每一条的斜坡上升速率都明显大于斜坡下降速率。为了降低退火温度，需要增加斜坡下降速率。

受限制的斜坡下降速率可以由几个装置产生。如图 4 所示，在斜坡下降期间，加热灯 410 被关闭，然而与退火后温度相比，加热灯 410 仍具有较高的温度。此外，石英加热室 420 的温度也要比退火后温度高。所以加热灯 410 和石英加热室 420 仍旧作为热源，妨碍晶圆 450 的冷却。

图 6 是根据本发明一个实施例的用于快速冷却退火晶圆的简化装置。该示意图仅仅是一个示例，在这里不应当作为对所要求保护的范围的限制。本领域的普通技术人员可以看出许多变化、变更和修改。如图 6 所示，装置 600 包括加热灯 610、反射器板 620 和温度探测器 630。加热灯 610 可以是钨的卤化物加热灯或其它加热灯。在脉冲退火期间，晶圆 640 应当被加热并且被冷却。温度探测器 630 在多个位置上测量晶圆温度。在

晶圆 640 冷却期间, 气体 650 流过加热灯 610 的周围。此外, 气体 660 也流过晶圆 640 的周围。气体 650 和 660 的每一个都包含氮气、氦气, 或它们的组合。气体 650 和 660 的流速分别在 5 slm 到 30 slm 的范围内。气体 650 和 660 的温度可以调整为低于室温, 例如-10°C。

5 图 7 是根据本发明另一个实施例的用于快速冷却退火晶圆的简化装置。该示意图仅仅是一个示例, 在这里不应当作为对所要求保护的范围的限制。本领域的普通技术人员可以看出许多变化、变更和修改。装置 700 包括至少一个加热灯 710、石英加热室 720、晶圆支架 730 和晶圆温度传感器 740。在脉冲退火期间, 晶圆 750 被置于晶圆支架 730 之上。在脉冲退火期间, 晶圆 750 应当被加热并且被冷却。温度传感器 740 测量晶圆温度。在晶圆 750 冷却期间, 气体 760 流过晶圆 750 的周围。此外, 气体 770 流过石英加热室 720 的壁的附近。而且, 气体 780 流过加热灯 710 的周围。气体 760、770 和 780 每一个都包含氮气、氦气, 或它们的组合。气体 760、770 和 780 的流速分别在 5 slm 到 30slm 的范围内。气体 760、
10 770 和 780 的温度可以调整为低于室温, 例如-10°C。

 图 8 是根据本发明一个实施例的用于快速冷却退火晶圆的简化方法。该示意图仅仅是一个示例, 在这里不应当作为对所要求保护的范围的限制。本领域的普通技术人员可以看出许多变化、变更和修改。方法 810 包括制程 810, 用于打开至少一个热源; 制程 820, 用于在加热室中加热半
20 导体衬底; 制程 830, 用于关闭所述至少一个热源; 以及制程 840, 用于以气体流冷却半导体衬底。尽管使用制程 810、820、830 和 840 来示出上述步骤, 但是可以有很多变更、修改和变化。例如, 功能部分中的一些可以进行扩展和/或合并。也可以向上面提到的功能部分插入其它的功能部分。可以在制程 820 和 830 之间插入一个制程, 用于维持半导体衬底的温
25 度在退火温度值处。取决于实施例, 可以替换具体的功能部分。在整个说明书中和下文对这些功能部分作进一步描述。

 在制程 810, 打开至少一个热源。例如, 该至少一个热源包括如图 6 所示的加热灯 610 或如图 7 所示的加热灯 710。在制程 820, 半导体衬底从所述至少一个加热源吸收能量。半导体衬底的温度从退火前温度升高到

退火温度。半导体衬底可以包括多个器件组件。例如，半导体衬底包括具有源 LDD 区的源区和具有漏 LDD 区的漏区。在制程 830，关闭所述至少一个热源。例如，所述至少一个热源包括如图 6 所示的加热灯 610 或如图 7 所示的加热灯 710。

- 5 在制程 840，半导体衬底的温度从退火温度降低到退火后温度。退火后温度通常低于退火温度。此外，退火后温度也可以等于退火前温度。还是在制程 840，在加热室的至少一个壁附近流动第一气体，在所述至少一个热源附近流动第二气体，并且在半导体衬底附近流动第三气体。第一气体、第二气体和第三气体的温度低于退火后温度。例如，第一气体、第二气体和第三气体的温度每个都等于-10℃。第一气体、第二气体和第三气体的每一个可以包含氮气、氦气，或它们的组合。
- 10

- 如上面所讨论的和这里进一步强调的，本领域的普通技术人员可以看出许多变化、变更和修改。例如，在制程 840 只使用三个气体中的一个或两个。作为另一个实施例，三个气体的温度可以有不同的温度值。通常，与具有较高温度的气体相比，具有较低温度的气体可以更有效地提高半导体衬底的冷却速率。而且，图 6 和图 7 中所描述的装置可以执行上述的全部或部分过程。
- 15

- 还应当理解，这里所描述的示例和实施例只是为了说明的目的，本领域的普通技术人员可以根据上述实施例对本发明进行各种修改和变化。这些修改和变化都在本申请的精神和范围内，并且也在所附权利要求的范围内。
- 20

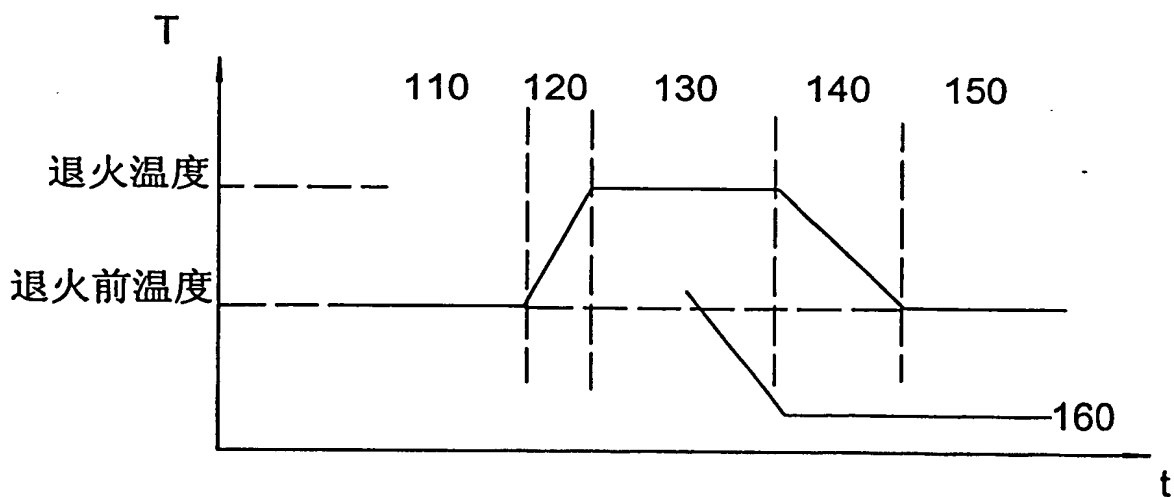


图 1

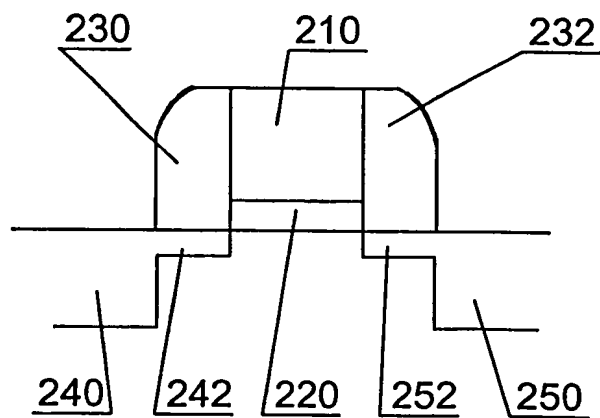


图 2

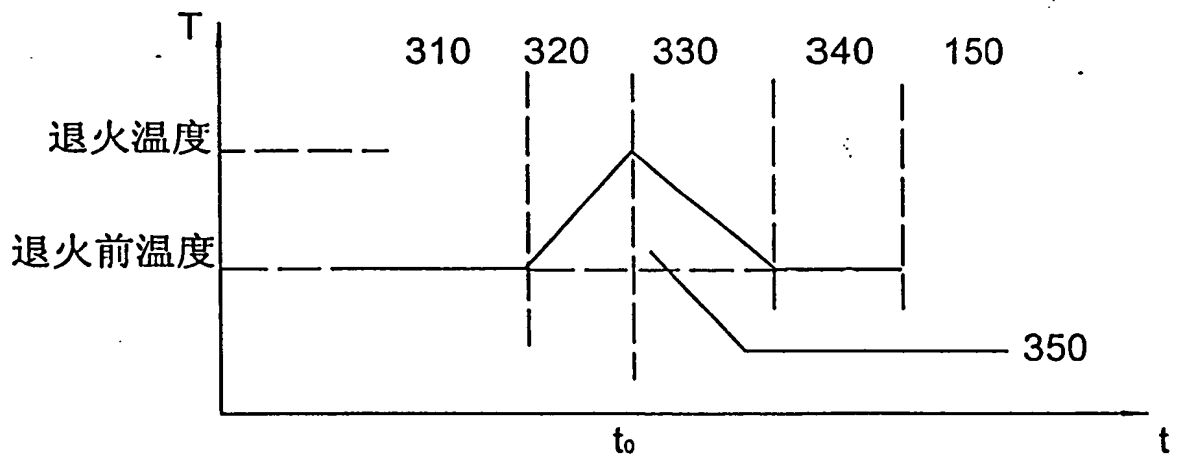


图 3

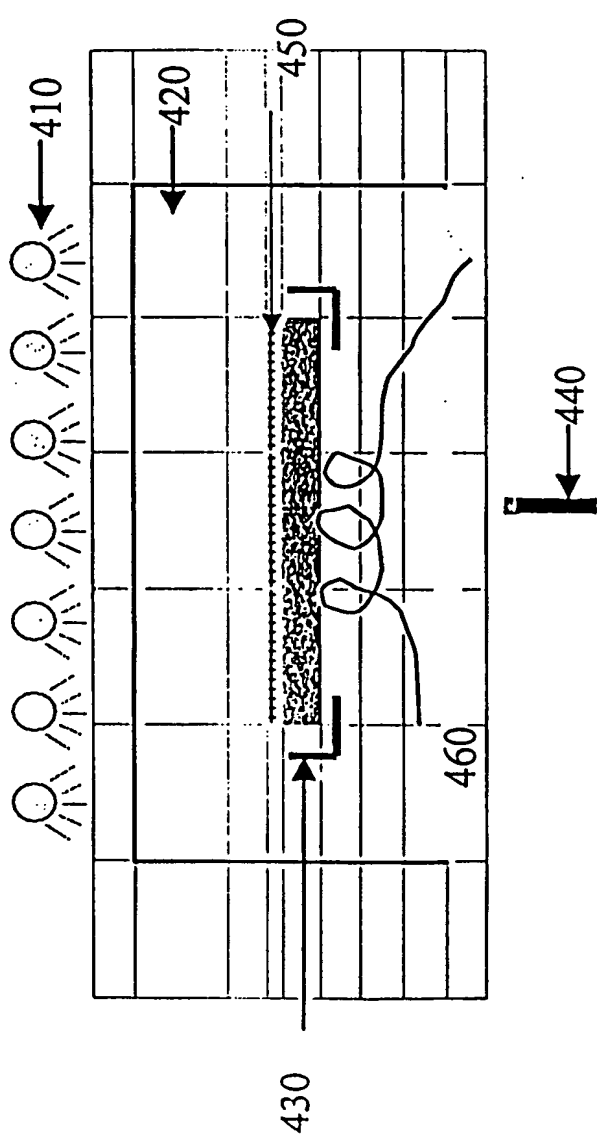


图4

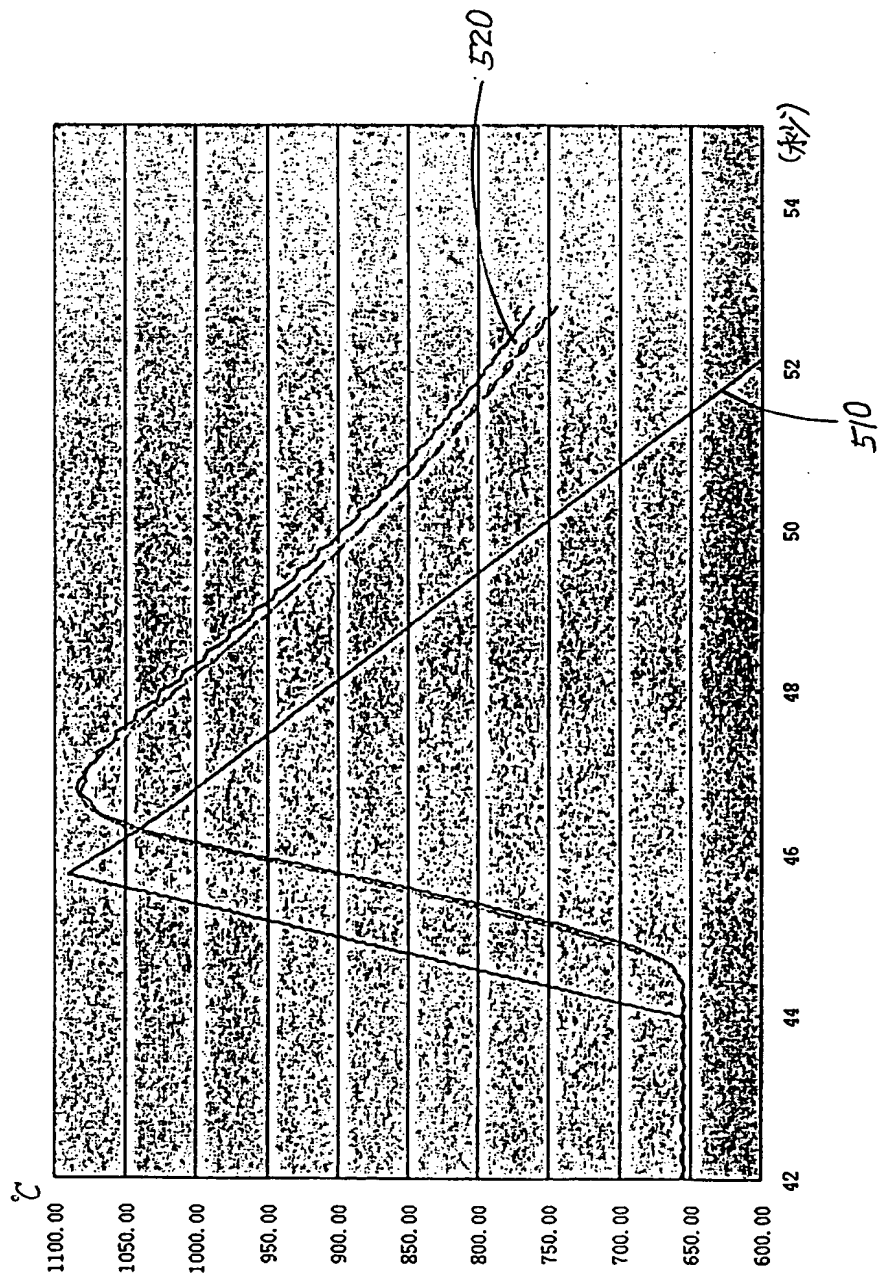


图5

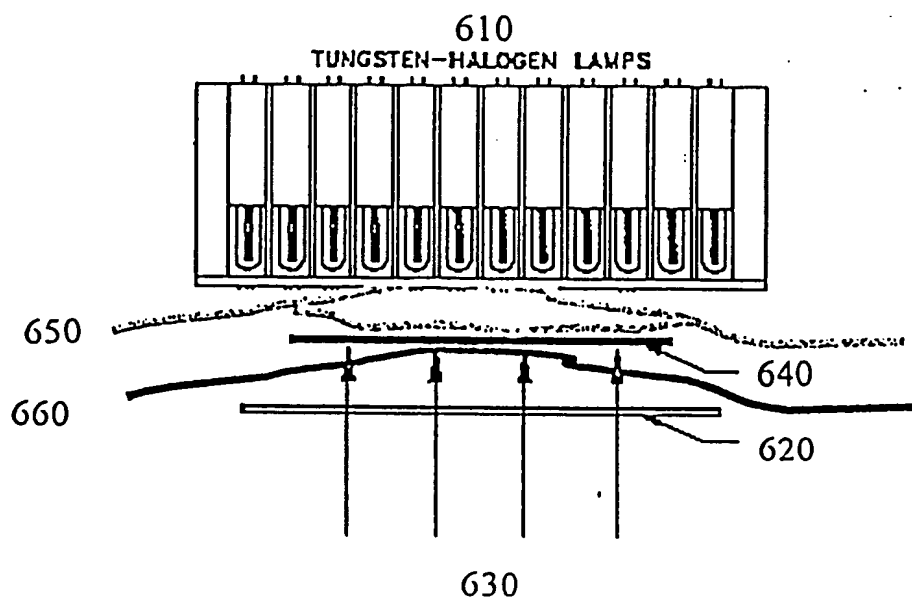


图 6

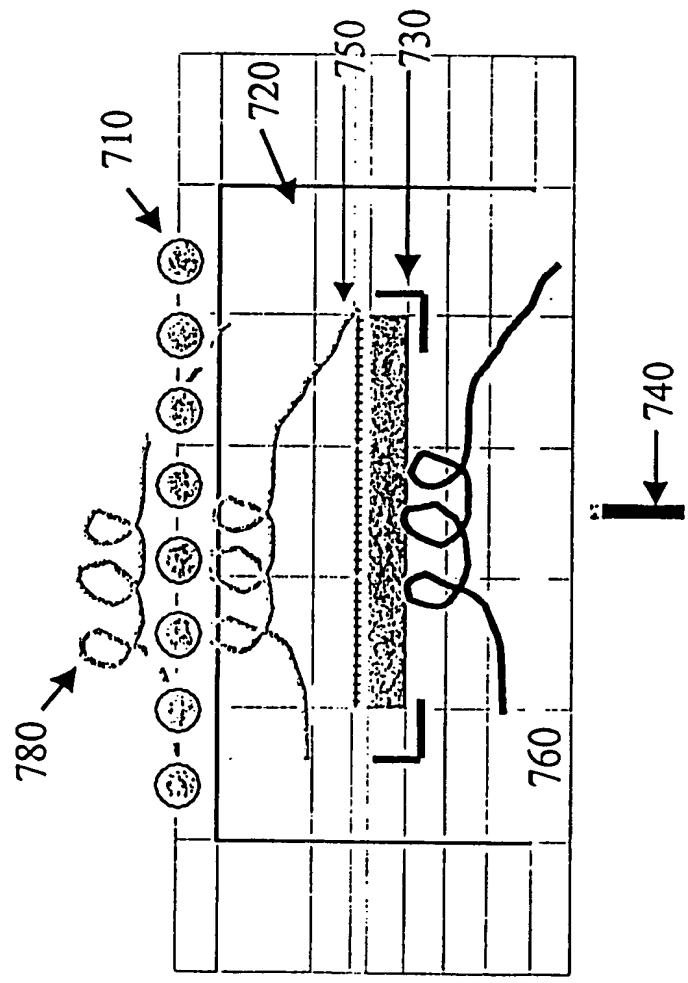


图7

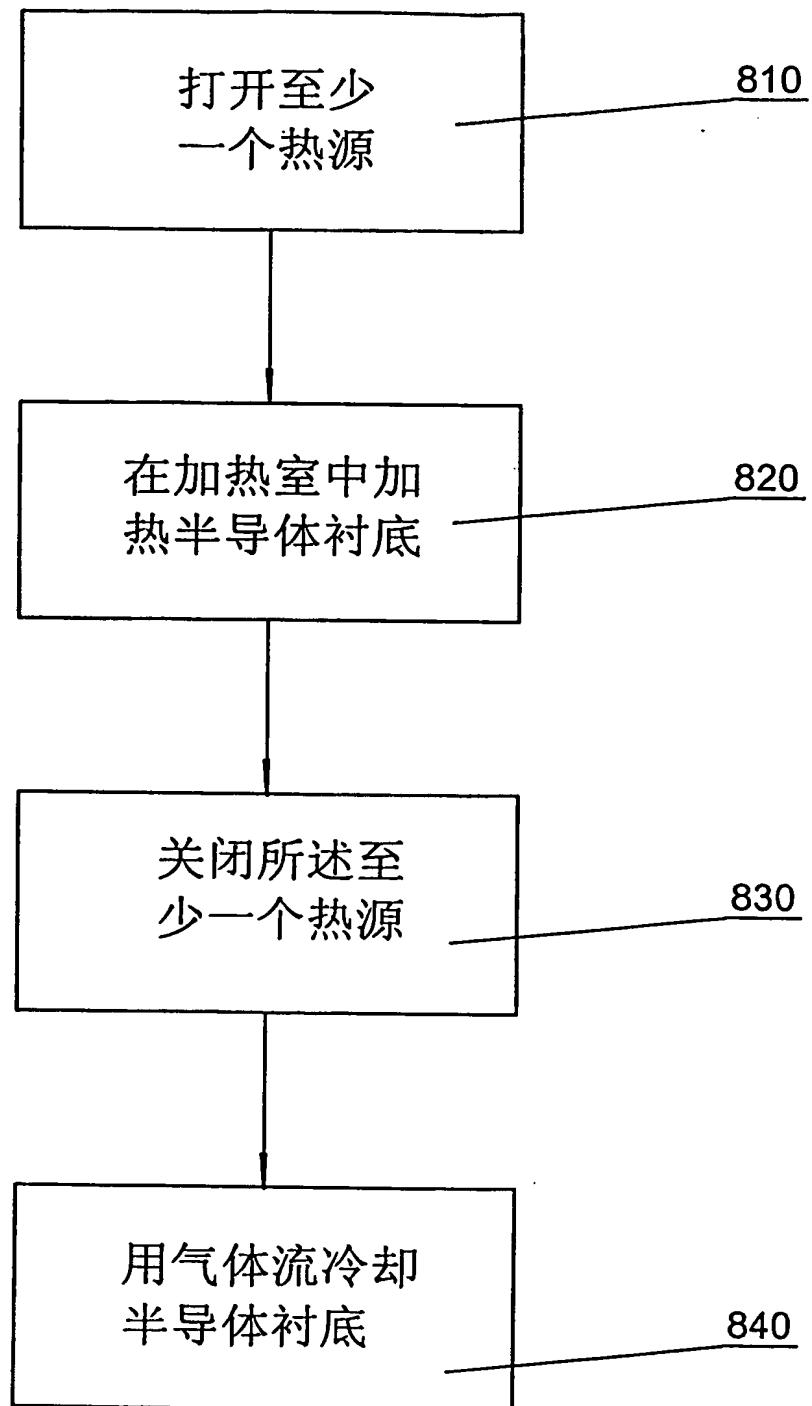


图 8